LE CANAL DE PANAMA

PAR

M. le Dr Ed. IMBEAUX

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

Extrait du Bulletin N° 112 de la Société Industrielle de l'Est

IMPRIMERIES RÉUNIES DE NANCY

1913

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA
Legato Anselmi
OA. - b -
1291

LE CANAL DE PANAMA

PAR

M. le Dr Ed. IMBEAUX

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

Extrait du Bulletin N° 112 de la Société Industrielle de l'Est

IMPRIMERIES RÉUNIES DE NANCY

1913

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA

LE CANAL DE PANAMA

Conférence faite à la Société Industrielle de l'Est, le 24 Juin 1913

Par M. le Dr Ed. IMBEAUX

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

Historique. — Le 1er septembre 1513, Vasco Nuñez de Balboa, ayant pour second François Pizarre et avec une troupe de 190 Espagnols, partait de Santa-Maria de la Antigoa, capitale du Darien, remontait d'abord l'Atrato, puis gravissait la Cordillère dont il atteignait le sommet le 26 septembre, et prenait possession trois jours après de la « Mer du Sud » qu'il avait découverte et qu'il baptisait *Océan Pacifique :* la baie où il était entré dans la mer fut nommée *baie de Saint-Michel.* Les fièvres et les autres difficultés de l'expédition avaient réduit le nombre de ses compagnons à 66.

Telle fut la première traversée de l'isthme de Panama, traversée que les Américains vont commémorer, le 29 septembre 1913, en faisant passer le premier bateau par le nouveau canal de navigation maritime, récemment creusé de Colon à Panama.

L'idée d'un canal à travers l'isthme remonte au temps de Charles-Quint, qui, après avoir fait chercher en vain une communication entre les deux océans, songea à l'établir artificiellement (décret de 1534 prescrivant l'étude du terrain). L'idée fut abandonnée sous Philippe II, qui déclara même « que l'ouverture d'un canal serait contraire à la volonté de Dieu, qui avait mis une barrière entre les deux mers ». Elle ne fut reprise qu'en 1814, à la suite des publications de De Humboldt, et c'est seulement en 1838 que la République de la Nouvelle-Grenade, constituée en 1831, donna à une première *Compagnie française, dite franco-grenadine,* une concession précise : Alors Guizot envoya une mission étudier la question, et un rapport très remarquable fut dressé par son chef, l'ingénieur des mines Garella (1845). Il concluait à la possibilité de l'œuvre, mais déclarait nécessaire que les grands Etats s'y intéressent pécuniairement : l'affaire n'eut pas d'autre suite.

Entre temps, la traversée de l'isthme était difficile et meurtrière : elle se faisait par une route reliant Porto-Bello à Panama. De 1850 à 1855, une compagnie américaine (Panama Railroad C°) construisit

le chemin de fer de Colon à Panama : il coûta la vie à des milliers de nègres et de Chinois (Matachin).

En 1876, l'ouverture du canal de Suez attira de nouveau l'attention sur le canal interocéanique, et cette année même la Société de Géographie commerciale de Paris institua un comité d'études présidé par F. de Lesseps. Bonaparte Wyse et Armand Reclus dirigèrent les explorations, et en mai 1878 Wyse obtenait la concession du gouvernement colombien.

Plusieurs tracés avaient, d'ailleurs, été étudiés, tant par Wyse et Reclus, que par d'autres explorateurs, savoir (fig. 1) :

Nos de la CARTE	EXPLORATEURS	DÉSIGNATION DU TRACÉ	LONGUEUR du TRACÉ	ALTITUDE du FAÎTE
1	Wyse et Reclus . .	Colon (golfe d'Limon) à Panama.	81 k.	94 m. à la Culebra.
3	Id.	San-Blas à Chepo.	53	300 m. (tunnel de 15 k.).
4	Id.	Acanti au Havre Darien.	125	Tunnel de 17 k.
2	Ménocal et Comsion américaine (1876).	Greytown à Brito par le lac de Nicaragua.	273 dont 112 en lac	33 m.
5	Trautwine (1852). .	Atrato et Truando à la baie de Humboldt.	170	Environ 200 m. : envasement des bouches de l'Atrato.
6	Selfridge	Atrato et Doguado à la baie de Cupica.	200	

La lutte reste circonscrite entre les tracés de Panama et de Nicaragua, et le *Congrès international d'Etudes du Canal interocéanique* réuni par de Lesseps, le 15 mai 1879, adopte définitivement, le 29 mai, le projet Wyse-Reclus, dont le devis se monte pour les travaux seuls à 765 millions : le coût total du *canal à niveau* est alors évalué, charges financières comprises, à 1.200 millions.

Première compagnie française, dite Compagnie universelle du Canal interocéanique. — Le 8 décembre 1879, de Lesseps s'embarqua pour l'isthme, à la tête d'une commission technique qui déposa son rapport le 14 février 1880. Pour faciliter la constitution d'une société, les prévisions de dépenses furent réduites à 600 millions et on promit l'ouverture du canal pour 1889 : c'est sur cette base que se fonda, le 3 mars 1881, la Compagnie universelle au capital de 300 millions (la souscription fut couverte plus de deux fois, et la Société civile qui avait fait les études et apportait la concession Wyse-Reclus reçut 10 millions comme apport).

La Compagnie racheta d'abord pour 100 millions la concession du chemin de fer. Elle confia les travaux à une série de petits entrepre-

neurs; mais, en 1885, trouvant qu'ils n'allaient pas assez vite, elle fit appel à de grands entrepreneurs qui s'engagèrent à terminer leurs lots pour le 1er janvier 1889. Mais les difficultés grandirent :

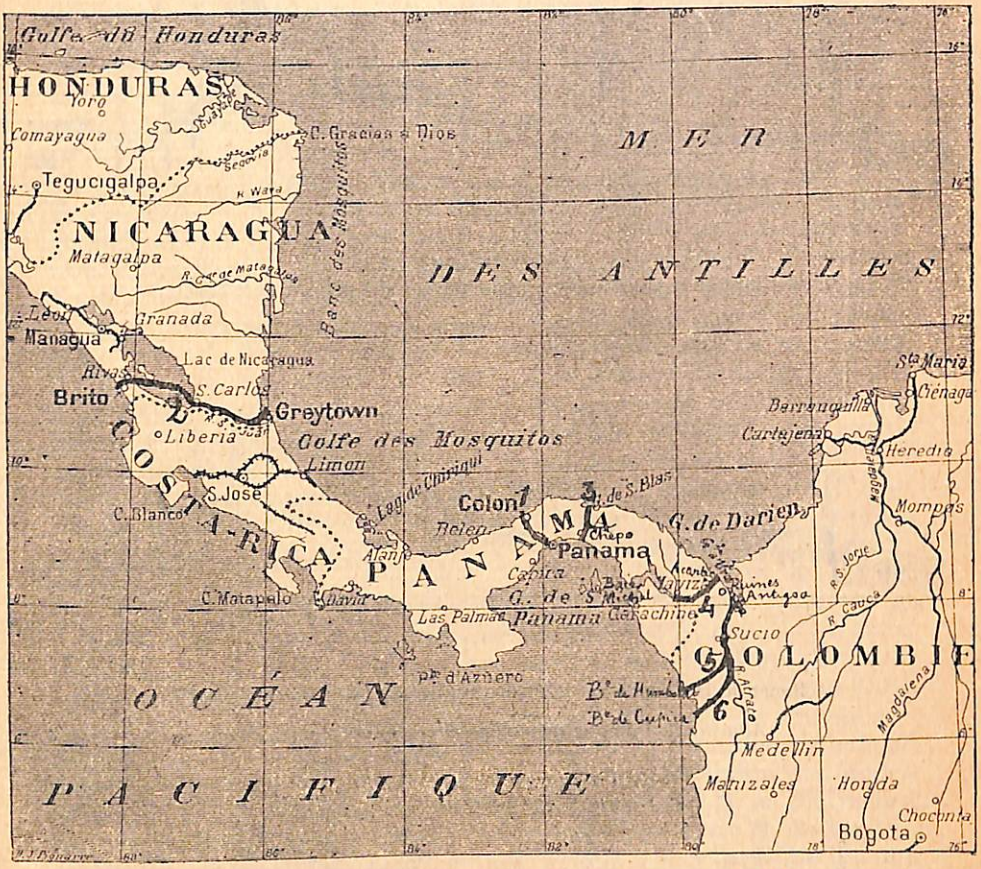
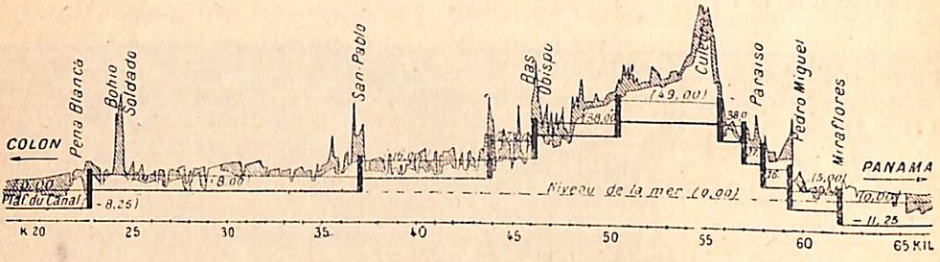


Fig. 1. — Situation respective des canaux étudiés pour la traversée de l'Isthme.

(1) Colon-Panama	Longueur 81 km.	Altitude du faite 94 m.	
(2) Nicaragua	— 273 —	— 33 m.	
(3) San-Blas-Chepo	— 53 —	— 300 m. (tunnel de 15 km.).	
(4) Acanti-Havre-Darien	— 125 —	— — 17 —	
(5) Atrato et Truando. — Baie de Humboldt	— 170 —	Envasement des bouches de l'Atrato.	
(6) Atrato et Doguado. — Baie de Cupica	— 200 —	Altitude du faite 200 m.	

d'une part, une mortalité effrayante due à la fièvre jaune, à la malaria, à la dysentérie, à la fièvre typhoïde et à la pneumonie, enlevait employés et travailleurs (Voir plus loin le nombre des morts); d'autre part, les travaux furent reconnus beaucoup plus importants et plus coûteux qu'on n'avait cru (120 millions de mètres cubes de déblais au lieu de 75 millions). Le canal à niveau fut jugé impossible, du moins dans le délai prescrit, et tout en le regardant comme

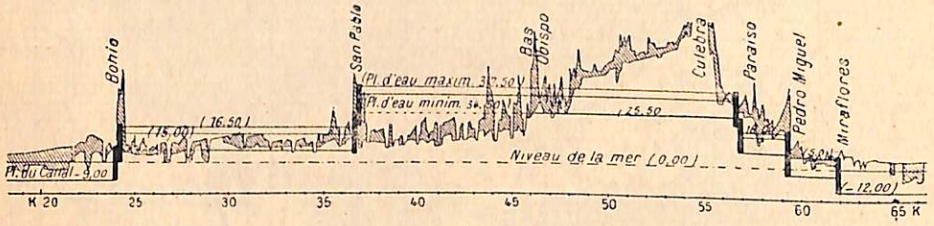
la solution définitive, on envisagea l'établissement — à titre provisoire — d'un canal à 10 écluses avec plan d'eau du bief supérieur à la



a

Projet de la première Compagnie française, à dix écluses (1887)

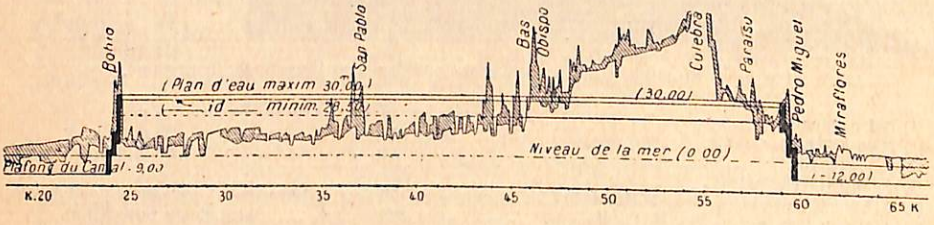
Alimentation du bief de partage par pompes à vapeur.



b

Projet de la Commission d'Études Guillemain, à huit écluses (1890).

Alimentation du bief de partage directement par le Chagres.



c

Projet Wise et Jacquemin à six écluses et lac central (1891)

Alimentation du bief de partage directement par le Chagres.

Fig. 2. — Profils en long des projets étudiés par les Français.

cote 49 : M. Eiffel s'engagea à construire les écluses pour 1889 (fig. 2, *a*).

Mais l'échec de l'émission de 600 millions d'obligations à lots (223 millions seulement furent souscrits le 8 juin 1888, et la tentative du 11 décembre suivant échoua totalement) obligea la Compagnie à cesser ses paiements le 14 décembre 1888 : elle avait dépensé 1.435 millions, dont 1.035 millions d'obligations, sur lesquels la liquidation remboursa 128 millions en 1904. Le 4 février 1889, le tribunal de la Seine prononça la dissolution et la liquidation de la Compagnie. Elle avait exécuté environ 50 millions de mètres cubes de déblais.

Deuxième compagnie française, dite Compagnie nouvelle du canal de Panama. — Le liquidateur Gautron et le représentant des obligataires Lemarquis firent d'abord étudier l'affaire par une commission technique présidée par M. Guillemain, directeur de l'école des Ponts et Chaussées. Son rapport, déposé le 5 mai 1890, critiqua le projet subsidiaire de la Compagnie en faillite et établit un projet qui a servi de base à toutes les études ultérieures et qui comportait 8 écluses avec plan d'eau supérieur à la cote 37.50 (fig. 2, *b*) : il estimait à 8 ans le temps nécessaire pour achever le canal. Ce projet fut légèrement amélioré par MM. Jacquemin et Wyse, qui, reprenant l'idée du lac central de Godin de Lépinay, ne lui laissaient plus que 6 écluses et le plan d'eau supérieur du bief supérieur à la cote 30 (fig. 2, *c*). Moyennant une indemnité de 17 millions à la Colombie, le liquidateur obtint un délai jusqu'au 31 octobre 1894 pour la constitution d'une nouvelle compagnie et un délai ultérieur de 10 ans pour l'achèvement des travaux (contrat du 4 avril 1893). Une Société d'études pour l'achèvement du canal fut enfin constituée, le 20 octobre 1894, au capital de 65 millions (dont 40.620.700 francs fournis par les gros débiteurs de l'entreprise primitive qui transigèrent pour leurs dettes, 3.484.300 francs par l'émission publique du 22 septembre 1894, 15.895.000 francs par le liquidateur et 5 millions attribués à la Colombie). La nouvelle compagnie confia la direction des études et travaux à un comité technique présidé d'abord par M. de la Tournerie, inspecteur général des Ponts et Chaussées, puis par M. Robaglia : ce comité, au bout de longues études, évalua à 525 millions le coût d'achèvement, suivant un projet très voisin du projet de la Commission Guillemain (rapport du 20 février 1899).

Cession aux Etats-Unis. — C'est alors que les Etats-Unis, en raison des difficultés révélées par la guerre hispano-américaine (1898), s'intéressèrent, au point de vue militaire surtout, à un canal interocéanique. Mais la concession du canal de Nicaragua avait été donnée le 24 avril 1887 à Ménocal, qui avait formé la *Maritime Canal C° of Nicaragua* et avait déjà fait des travaux pour 2 millions de dollars; toutefois le 3 mars 1899 un bill du Congrès autorisa l'étude comparative des diverses solutions, et le 10 juin 1899 l'*Isthmian Canal Commission*, présidée par l'amiral Walker, était nommée à cet effet par Mac-Kinley.

Le 20 novembre 1900, cette Commission déposait un rapport

préliminaire concluant en faveur de Nicaragua, tant en raison de l'exigence de la Compagnie française qui demandait 565 millions de francs pour la cession de ses droits qu'à cause de considérations politiques. Ces dernières tombèrent quand, le 28 mars 1901, la Colombie autorisa la cession aux Etats-Unis; mais un second rapport du 21 novembre 1901 n'en fut pas moins favorable à Nicaragua. Alors, le 9 janvier 1902, la Compagnie française se décida à accepter le prix de 40 millions de dollars; la balance penchait alors en faveur de Panama dont l'achèvement était évalué 144.233.358 $ (contre 189.864.062 $ pour Nicaragua), avec une exploitation et un entretien plus faciles pour Panama. Le bill Spooner, qui approuvait le marché, fut accepté le 26 juin 1902.

Le traité Hay-Herran fut ensuite proposé entre les Etats-Unis et la Colombie, qui aurait cédé la Canal Zone (10 milles de large, moins les villes de Colon et de Panama) et eût reçu en échange 10 millions de dollars; mais la Colombie, qui espérait la déchéance de la Compagnie française et à sa suite de meilleures conditions, ne le ratifia pas. La révolution du 3 novembre 1903 la mit hors de cause, et le traité Hay-Bunau-Varilla fut signé le 18 novembre 1903 et ratifié le 23 novembre 1904.

La 2e Compagnie française était mise elle-même en liquidation le 4 avril 1904, et un arbitrage allouait 77.400.000 francs à ses actionnaires et 128.600.000 francs (soit environ 12 p. 100 des obligations) aux obligataires de la première compagnie.

Gestion de l'Isthmian Canal Commission : projet définitif. — La Commision américaine de 1901 ayant adopté le projet Guillemain, modifié par Jacquemin et Wyse, des critiques s'élevèrent aux Etats-Unis contre le canal à écluses, et le 24 juin 1905, Roosevelt instituait une commision internationale pour prononcer. La majorité (les Américains) fut en faveur du canal à écluses : il fut définitivement adopté en juin 1906. La prévision de dépense était de 139 millions de dollars et le délai d'exécution de 8 à 9 ans, tandis que le canal à niveau eût coûté 272 millions de dollars et demandé 18 à 20 ans. Le canal à écluses pourra suffire à un tonnage de plus de 80 millions de tonnes de jauge nette (100 millions de jauge brute), alors que le canal de Suez n'a livré passage en 1911 qu'à 18.325.794 tonnes nettes. Le profil en long adopté est figuré ci-contre (fig. 3).

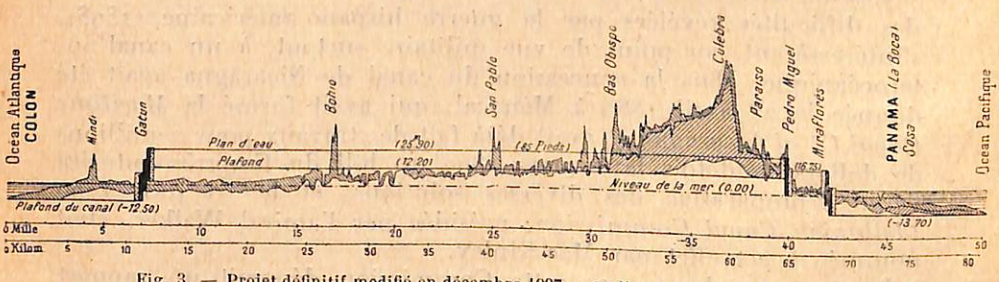


Fig. 3. — Projet définitif modifié en décembre 1907, actuellement en voie d'achèvement.

Question de la neutralité du canal. — Dès 1850, les Etats-Unis avaient signé avec l'Angleterre le traité Clayton-Bulwer, assurant sous le contrôle des deux nations la neutralité de tout canal interocéanique futur. Mais les Etats-Unis voulurent dès 1898 reprendre leur engagement et avoir le contrôle exclusif : le traité Hay-Pauncefote du 18 novembre 1901 le leur assura, étant entendu qu'ils appliqueraient les bases de neutralité fixées pour le canal de Suez par la convention de Constantinople du 18 octobre 1888 (liberté de navigation pour tous, interdiction de tout acte de guerre dans le canal, etc., etc.), mais sous réserve des mesures que les Etats-Unis pourraient prendre pour la défense de leur territoire et le maintien de l'ordre public. D'autre part, d'après le traité Hay-Bunau-Varilla, il ne devait être fait aucune différence de nationalité entre les navires de commerce et les navires de guerre, ni entre les passagers. Mais récemment le bill Frye a été adopté par le Congrès en violation de ces traités, décidant d'exempter de toute taxe les navires de guerre des Etats-Unis et aussi les navires de ce pays naviguant au cabotage. Les protestations de l'Angleterre et des autres nations pourront-elles faire revenir sur ce vote?

Le tarif serait de 1 $ 25 par tonne de jauge nette et 1 $ 50 par passager (maximum).

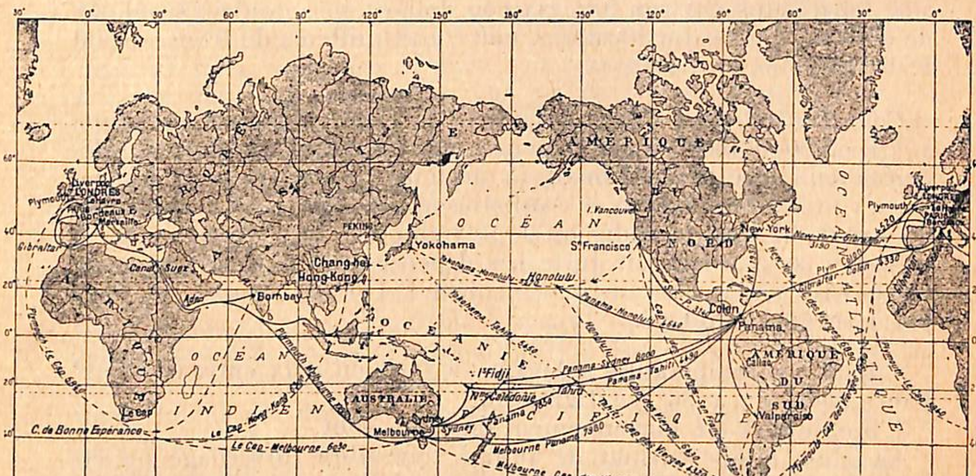


Fig. 4. — Carte des principales routes suivies par les navires dans l'Océan Atlantique et dans l'Océan Pacifique. (Distances, en milles marins, de 1851m67.)

Avantages économiques du canal. — L'intérêt sera dû surtout au raccourcissement des distances entre la côte Est de l'Amérique ou l'Europe et la côte Ouest de l'Amérique. Ainsi (voir fig. 4) :

De New-York à San-Francisco par le cap des Vierges 13.210 milles marins;

De New-York à San-Francisco par Panama 5.070 milles marins;
De Plymouth ou le Havre à San-Francisco par le cap des Vierges 13.300 milles marins;
De Plymouth ou le Havre à San-Francisco par Panama 7.660 milles marins.
Avantages analogues pour le Pérou et le Chili (de New-York à Lima on gagnera 28 jours et du Havre à Lima 18 jours).
Mais pour la Chine et le Japon, alors que l'Europe passera toujours par Suez, on aura de New-York à Yokohama par Panama un avantage d'environ 2.000 milles. Pour l'Australie, l'Europe continuera aussi à y aller par Suez ou par le Cap, mais de New-York on aura par Panama un raccourci de 3.000 milles.

Tonnage probable. — La Compagnie française avait prévu un trafic annuel au début de 7.250.000 tonnes. L'Isthmian Canal Commission a admis 7.000.000 de tonnes au début; 10 ans après 11.375.000 tonnes. M. Emory Johnson, chargé par M. Taft d'étudier le coût d'exploitation et d'entretien, évalue le tonnage à atteindre en 1925 à 16.170.000 tonnes.

Dépense d'établissement. — Outre les 1435 — 128 + 44 = 1.351 millions de francs payés par la France, le canal coûtera aux Américains environ 389.211.000 dollars, y compris 14.000.000 de dollars pour les fortifications, soit 2.016 millions de francs. Total 3.367 millions de francs.

Coût d'entretien et d'exploitation. — M. Emory Johnson les estime à 4.500.000 dollars, mais il pense que les Etat-Unis devront dépenser en outre annuellement 15 millions de dollars pour les dépenses militaires, navales et sanitaires nécessitées par la protection du canal. Si tout le trafic qu'il prévoit pour 1925 payait 1 $ 25 la tonne, cela couvrirait juste ces dépenses, mais si l'on exonère les navires américains on sera en déficit. On ne rémunérera donc pas le capital employé.

Climat. — Température à Ancon : a varié en 1911 entre 63 et 97° Fahrenheit (17 à 36° centigrades).
L'humidité à été moyennement de 84 p. cent.
La pluie tombe surtout de juin à novembre (hivernage ou été astronomiques) et elle est bien plus abondante sur le versant atlantique : en 1911, 1 m. 65 dans la division pacifique (172 jours de pluie), et 1 m. 65 dans la division centrale (214 jours de pluie), et 2 m. 91 dans la division atlantique (265 jours de pluie). Un orage a donné 62 $^{m}/_{m}$ en 5 minutes.

Géologie de l'isthme. — Le massif est formé sur une profondeur inconnue des roches volcaniques appelées *andésites* (andésites à augite et a. à hornblende), formation dite *brèche d'Obispo*. Ces roches sont recouvertes sur le versant atlantique entre Bohio et Colon, puis sur le versant pacifique entre Empire et Corozal, d'une

formation éocène (Bohio formation) composée de lits de schistes marneux, de conglomérats et de grès (Culebra beds). Du côté pacifique, cette formation a été traversée par des coulées verticales de roches basiques (basalte, augite massive ou hornblende). Enfin, le côté atlantique à partir de Gatun est recouvert de sables oligocènes et grès plus ou moins argileux (Gatun formation).

Mesures sanitaires. — La région du canal était des plus insalubres du globe. Les Espagnols qui la traversaient pour aller aux Philippines, les Anglo-Saxons qui se ruèrent en Californie à partir de 1849 payèrent un tribut formidable à la fièvre jaune et à la dysentéric, sans oublier la malaria, qui tuait moins sans doute, mais frappait presque tout le monde. De 1850 à 1855 on construisit le chemin de fer, qui coûta la vie à des milliers de nègres et de Chinois; on n'a pas de statistique de cette époque, mais il fallut plusieurs fois interrompre les travaux faute de bras, et à deux reprises on signale qu'un millier d'hommes importés étaient disparus six mois après. A ce moment, le 4e régiment d'infanterie américain, ayant le général Grant pour quartier-maître, traversa l'isthme moitié en chemin de fer, moitié à pied (de Gorgona à Panama) et perdit 80 hommes sur 810.

Les Français s'installèrent en 1881 pour les travaux du canal. Ils construisirent, dit Gorgas, d'excellents hôpitaux à Ancon et à Colon, un bon sanatorium à l'île de Taboga, un grand nombre de maisons bien comprises et bien aménagées; mais cela n'empêcha pas une mortalité effroyable. On n'a de statistique que pour les décès dans les hôpitaux, et elle donne 5.618 employés morts de 1881 à 1889. Quant aux ouvriers, on évalue que sur un chiffre moyen de 10.200, il en mourut pendant les 9 années un total de 22.189, soit une mortalité de 240 p. 1.000 par an.

L'interruption des travaux dura de fin 1888 à juin 1904. Quand, à cette dernière date, les Américains eurent pris possession de l'isthme, ils ne recommencèrent pas d'ailleurs aussitôt les travaux du canal, mais ils songèrent au préalable à assainir le pays, et ce n'est guère qu'en 1906 que les chantiers marchèrent en grand. Le nombre des employés et ouvriers occupés à l'œuvre du canal et le nombre des décès totaux ou dus aux principales maladies sont donnés par le tableau ci-après.

Pour ce qui est de la population entière de la zone du canal, y compris les villes de Colon et de Panama, population qui était d'environ 40.000 âmes en 1904 et qui est montée à 156.936 en 1911, la mortalité y a été respectivement de 1905 à 1911 inclus de 49,94, 48,37, 33,63, 24,83, 18,19, 21,18 et 21,46 p. 1.000.

Le résultat le plus remarquable est celui obtenu pour la fièvre jaune, dont on ne trouve plus (sauf un cas isolé en mai 1906) aucun cas depuis septembre 1905. La maladie qui avait sévi très fortement en 1902, ne présentait plus à la vérité que des cas disséminés à l'arrivée des Américains; mais une recrudescence se produisit en 1905 et donna 182 cas. Les mesures prises alors pour supprimer les

moustiques amenèrent la disparition totale du fléau : on ne s'est pas d'ailleurs départi pour cela d'un iota de la rigueur des précautions prises alors.

ANNÉES	NOMBRE de PERSONNES occupées au travail	NOMBRE DE DÉCÈS DUS A LA					NOMBRE de DÉCÈS en totalité	MORTALITÉ pour 1.000
		Fièvre typhoïde	Dysenterie	Pneumonie	Malaria	Fièvre jaune		
1905. . . .	16.512	12	14	95	86	Quelques morts	427	25,80
1906. . . .	26.547	42	69	413	233	1	1.105	41,73
1907 . . .	39.238	98	48	328	154	0	1.131	28,74
1908. . . .	43.891	19	16	93	73	0	571	13,01
1909. . . .	47.167	13	8	70	52	0	502	10,64
1910. . . .	50.802	13	21	73	50	0	558	10,98
1911. . . .	48.876 (1)	10	13	94	47	0	539	11,02

(1) Sur ce chiffre, il y avait 12.251 blancs, qui ont eu une mortalité totale de 10,04 p. 1.000 et dans ce nombre on comptait 6.226 originaires des Etats-Unis, qui ont eu seulement une mortalité de 5,14 p. 1.000 (dont 2,82 p. 1.000 résultant de maladies).

La malaria a, de son côté, subi une diminution importante, mais elle reste encore fréquente; parmi les personnes occupées au Canal, il a été admis dans les hôpitaux pour cause de fièvre paludéenne, respectivement pendant chacune des années de 1905 à 1911 : 514, 821, 424, 282, 215, 187 et 184 pour 1.000 des effectifs du tableau ci-dessus. La mortalité par malaria dans les trois dernières années n'est plus qu'aux environs de 1 pour 1.000 par an.

La fièvre typhoïde et la dysentérie ont été grandement réduites par la distribution de bonne eau potable : également dans les trois années 1909 à 1911, la mortalité pour chacune de ces maladies n'est plus que de 0,20 à 0,25 pour 1.000 par an.

La pneumonie reste une cause importante de mort, mais elle a aussi beaucoup diminué.

Quant aux mesures elles-mêmes qui ont permis d'obtenir ces beaux résultats, ce sont les suivantes :

1° Propreté absolue dans les rues des villes, ainsi que dans les cours et jardins : pavage de la plupart des rues de Colon, Cristobal, Panama et Ancon;

2° Alimentation en eau potable des villes et des chantiers : on a créé pour cela plusieurs grands réservoirs, et on en filtre les eaux par des filtres rapides, dits américains. Suppression de tous les récipients d'eau pluviale;

3° Construction d'égouts dans les villes (Les travaux d'eau et d'égouts dans les villes de Colon et de Panama seront remboursés aux Etats-Unis par la République de Panama);

4° Drainage des terrains bas et marécageux et suppression de toutes mares stagnantes (pouvant servir de lieu de ponte pour les moustiques); curage fréquent des fossés et entretien;

5° Destruction (brûlage) des herbes pouvant servir de refuge aux moustiques : l'intensité de la végétation oblige à renouveler l'opération très fréquemment;

6° Pétrolage (à l'huile brute ou au larvacide) des mares qu'on n'a pas pu supprimer;

7° Quininisation préventive des employés et ouvriers (on a usé en 1911 environ 1.200 kilos de sulfate de quinine);

8° Surveillance des ports d'entrée et mise en quarantaine de tous les navires et individus suspects;

9° Désinfection des maisons et objets suspects : destruction des moustiques et des rats à domicile;

10° Hopitalisation des malades. Il y a 20 à 25 hôpitaux de chantiers le long des travaux, l'hôpital de Colon (500 lits) et l'hôpital d'Ancon (1.200 lits) aux deux extrémités, plus le sanatorium de l'île de Taboga (70 lits). En 1911, il y a eu 44.374 entrées aux hôpitaux (sur lesquelles seulement 414 morts) : le prix de la journée de traitement dans les hôpitaux de chantiers a été en moyenne de 0 $ 44, et dans les hôpitaux fixes de 1 $ 21 (y compris les dépenses pour 7.701 opérations chirurgicales et 2.407 opérations moins importantes).

Les dépenses faites en totalité pour les mesures de salubrité proprement dites ne se montent qu'à 365.000 $ par an, soit 1 p. 100 des dépenses de construction; les soins donnés aux employés et ouvriers malades et à leurs familles coûtent environ deux fois et demie plus.

Description du canal

Tracé du canal. — Le même que le canal français, sauf à l'origine où on l'a abandonné pour entrer directement dans la baie de Limon (fig. 5).

Longueur totale, 81 kilomètres, dont 65 en terre ferme.
Profondeur normale, 13 m. 70 (45 pieds).
Profondeur minima, 12 m. 29 (40 pieds).
(Voir profils en travers fig. 6.)

1° *Bief Atlantique* : De la baie de Limon à Gatun, sur 11.265 mètres.

La marée n'a qu'une amplitude de 2 pieds.
Largeur uniforme, 152 m. 40 (500 pieds).
Les trois écluses doubles de Gatun de chacune 8 m. 84 de chute (29 pieds), permettent de monter dans le lac créé par le barrage sur le Chagres.

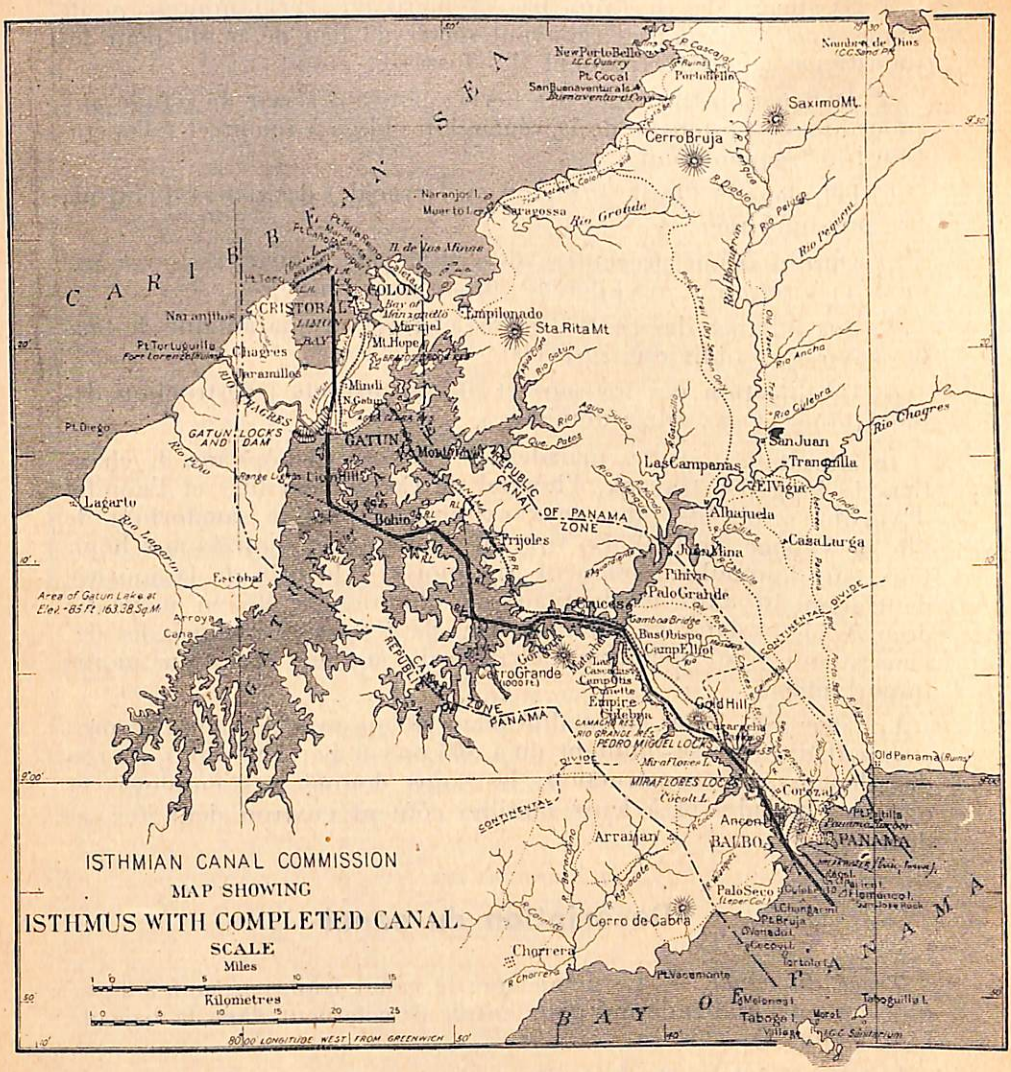


Fig. 5. — Plan général.

2° *Bief de Gatun :* Des écluses de Gatun à l'écluse de Pedro Miguel, longueur 51 kilomètres.

Largeur, 305 mètres (1.000 pieds) entre Gatun et San Pablo (lac).

Largeur, 800 et 500 pieds entre San Pablo et Obispo.

Largeur, 300 pieds (91 m. 50) dans la tranchée centrale entre Obispo et Pedro Miguel (Elargissements aux coudes).

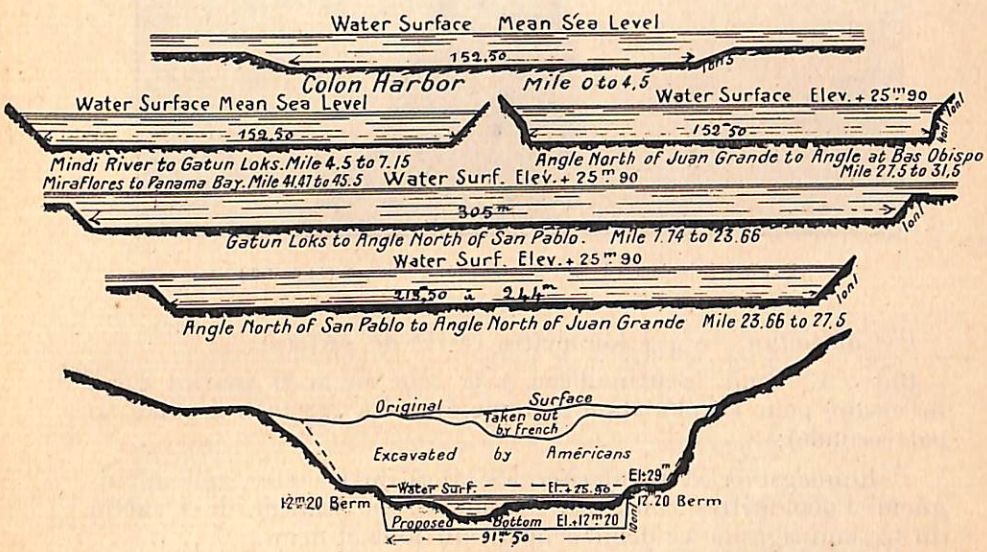
Plan d'eau moyen à la cote 25,90, mais peut varier de 2 m. 10 en plus ou en moins.

3° *Bief intermédiaire :* Entre l'écluse de Pedro Miguel (chute de 30 pieds) et celles de Miraflores, sur 2 kilomètres environ (petit lac naturel du Rio Grande).

Largeur, 500 pieds.

Plan d'eau moyen à 16 m. 75.

4° *Bief Pacifique :* Des deux écluses de Miraflores à l'île de Naos (fond de plus de 35 pieds). Longueur, 12 kilomètres 715.



Coupe de la tranchée de la Culebra

Fig. 6. — Profils en travers du canal exécuté (avec plan d'eau du bief supérieur à la cote 25m,90 au-dessus du niveau moyen de la mer). Profondeur d'eau partout 13m,70 = 45 pieds.

La dénivellation des marées sur le Pacifique peut atteindre 20 pieds : on drague jusqu'à la cote 13,70, ce qui assure toujours un tirant d'eau d'au moins 10 m. 65.

Entrée Atlantique

Brise-lames de Toro-Point. — Estacades sur pilotis en blocs provenant de la carrière voisine, de déblais de la Culebra et pour la partie supérieure de blocs d'une carrière de Porto-Bello. Longueur, 3.150 mètres; largeur au sommet (à 3 mètres au-dessus de l'eau) de 4 m. 50; plus grande profondeur, 13 mètres et à cet endroit largeur à la base de 54 mètres (fig. 7).

On attendra pour établir le deuxième brise-lames (Est) de 1.710 mètres de long. Phare à l'entrée; 91 phares pour feux de direction sont établis sur le trajet, avec 140 bouées ordinaires ou lumineuses (feux à 4 m. 50 au-dessus de l'eau).

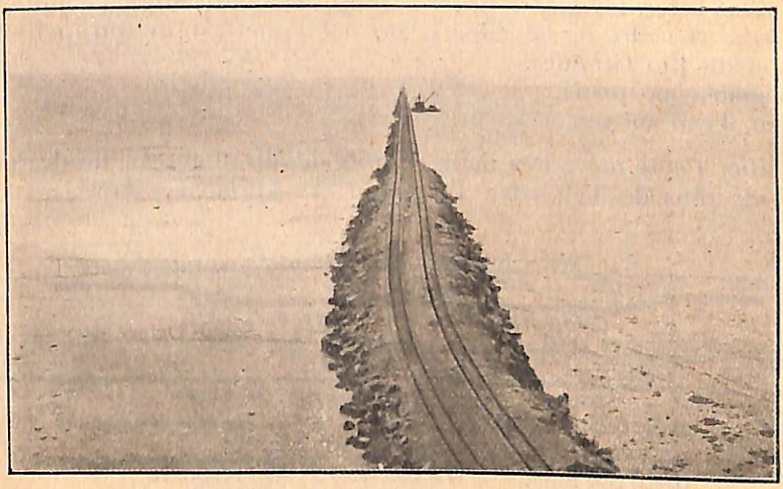


Fig. 7. — Brise-lames de Toro-Point, entrée Atlantique. (Juin 1912.)

Lac de Gatun. — 425 kilomètres carrés de surface.

But : 1° Tenir le plan d'eau à la cote 25,90 et fournir l'eau nécessaire pour l'exploitation (volume évalué à 118 mètres cubes 80 par seconde);

2° Emmagsiner et régulariser les crues du Chagres, qui atteignent 3.000 mètres cubes par seconde : une tranche de 1 mètre du lac emmagasine ce débit pendant un jour et demi.

L'abaissement de niveau du lac de 2 m. 13 permet de disposer de 900 millions de mètres cubes, soit un débit suffisant pour la navigation pendant quatre mois.

Barrage de Gatun et déversoir (fig. 8 et 9). — La crête du barrage est arasée à la cote 35,07 (115 pieds) : sa longueur est de 2.340 mètres. Sa largeur en crête est de 30 m. 48 (100 pieds) et à la base elle atteint jusqu'à 800 mètres. Le volume des remblais est de 18.655.000 mètres cubes, coûtant 2 francs le mètre cube. Remblayage hydraulique entre deux talus rocheux posés directement au wagon.

Le déversoir est calculé pour écouler 3.893 mètres cubes par seconde (ce qui aurait demandé 610 mètres de crête libre sous une surélévation de 1 m. 50). On a adopté une forme d'arc de cercle avec 14 pertuis et 14 vannes (vannes Stoney à manœuvre électrique, de 13 m. 41 de longueur chacun, ayant leur seuil à 9 m. 88 au-dessous du niveau normal du lac (cote 25,90). Le dessus des portes des écluses de Gatun et de Pedro Miguel est encore à 7 pieds au-dessus de cette cote. Chaque vanne pèse 42.000 kilogs; un mécanisme très ingénieux assure le glissement facile sur des galets d'arrière et de côté, ainsi que l'étanchéité.

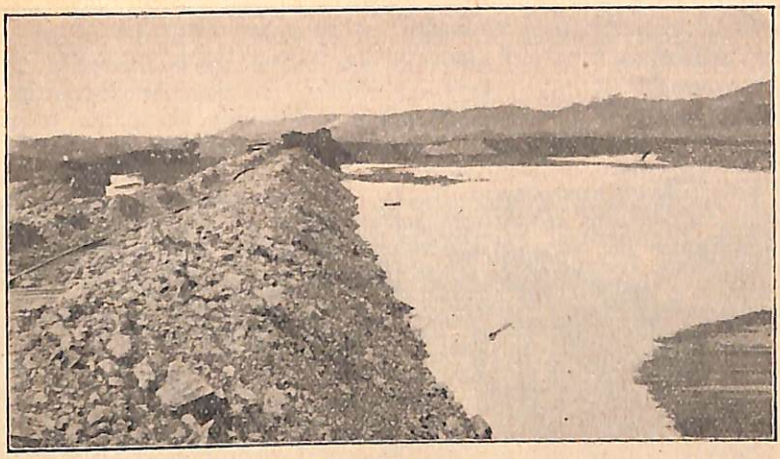


Fig. 8. — Barrage de Gatun (construit par remplissage hydraulique entre deux talus de blocs mis en place autrement). 12 juin 1912.

Un déversoir analogue, mais rectiligne et comportant seulement huit vannes semblables, est établi à Miraflores pour évacuer les crues du Rio Grande.

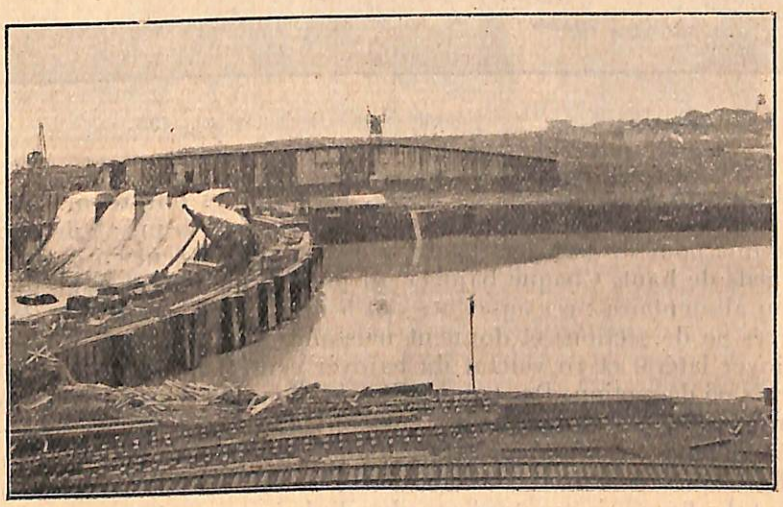


Fig. 9. — Déversoir du barrage de Gatun (regardant vers les écluses). 6 juin 1912.

Ecluses (doubles) (fig. 10). — Chaque chambre a 305 mètres de long et 33 m. 53 de large, avec 12 m. 50 de profondeur normale sur les seuils (les plus grands navires ont actuellement 270 mètres de long et 45.000 tonnes de jauge). Volume, 99.000 mètres cubes environ.

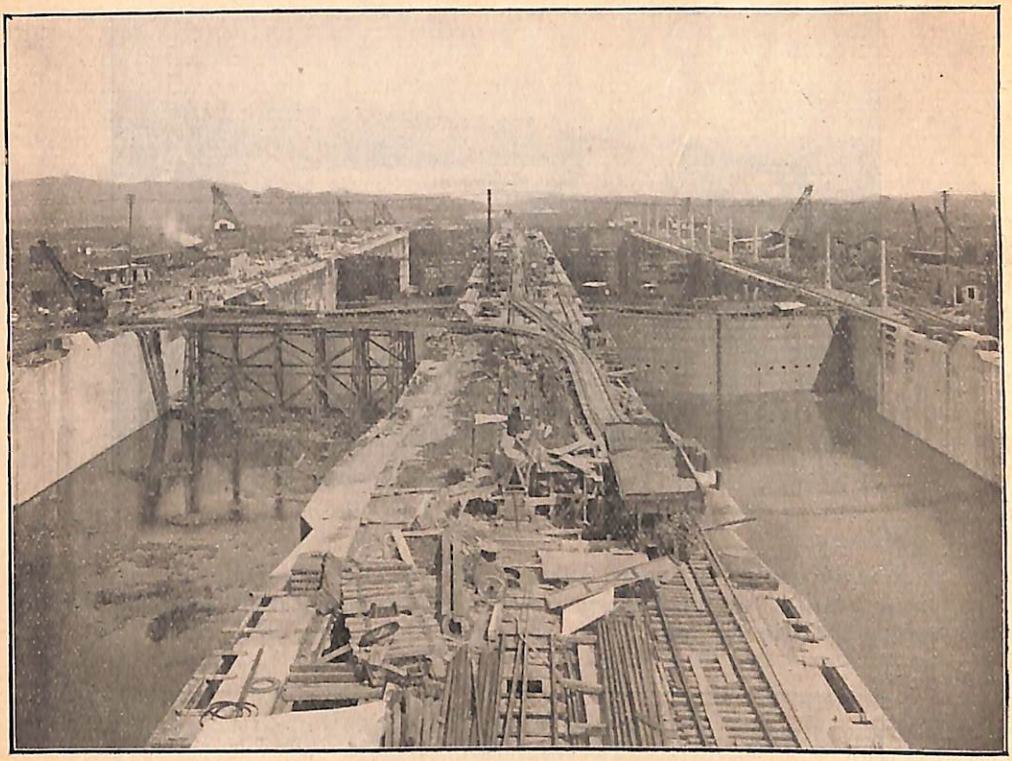


Fig. 10. — Ecluse double supérieure de Gatun. (Novembre 1912.)

Entièrement construits en béton, les bajoyers ont 18 m. 30 uniformément de largeur pour le bajoyer central et 15 m. 24 de largeur maxima pour les bajoyers latéraux, qui se rétrécissent en gradins de 6 pieds de haut. Chaque bajoyer est percé d'un tunnel pour fournir l'eau alimentaire : ces aqueducs ont 5 m. 48 de diamètre (23 mètres carrés 60 de section) et donnent naissance à 11 conduits venant du bajoyer latéral et 10 venant du bajoyer central de chacun 3 mètres carrés 06 de section. Des vannes Stoney (deux de 2 m. 44 de largeur) commandent les aqueducs à l'entrée; les prises d'eau de l'aqueduc médian sont en outre commandées individuellement par des vannes cylindriques de 1 m. 98 de diamètre, le tout manœuvré électriquement (La figure 11 montre l'aqueduc du bajoyer médian et l'emplacement d'une vanne Stoney double).

Le remplissage se fera en 15 minutes, la vitesse d'ascension étant limitée à 3 pieds par minute : on pourrait aller beaucoup plus vite en ouvrant tous les orifices.

Les portes sont à deux vantaux; les plus hautes (Miraflores) ont 25 mètres de hauteur, les plus petites 14 m. 45. La longueur de chaque vantail est de 19 m. 81 et son épaisseur de 2 m. 18 (7 pieds);

l'angle d'obliquité des seuils busqués est de 23°,33',54". La tôle du bordé est de 11 millimètres et les pièces d'appui sont en acier au nickel. Le poids d'un vantail varie entre 300 et 630 tonnes. Une roue mue électriquement assure l'ouverture et la fermeture au moyen d'une bielle. On sait que des locomotives électriques à crémaillère de 70 HP chacune et au nombre de 4 par bateau haleront les navires dans les écluses : 40 locomotives sont commandées à la Général Electric C°.

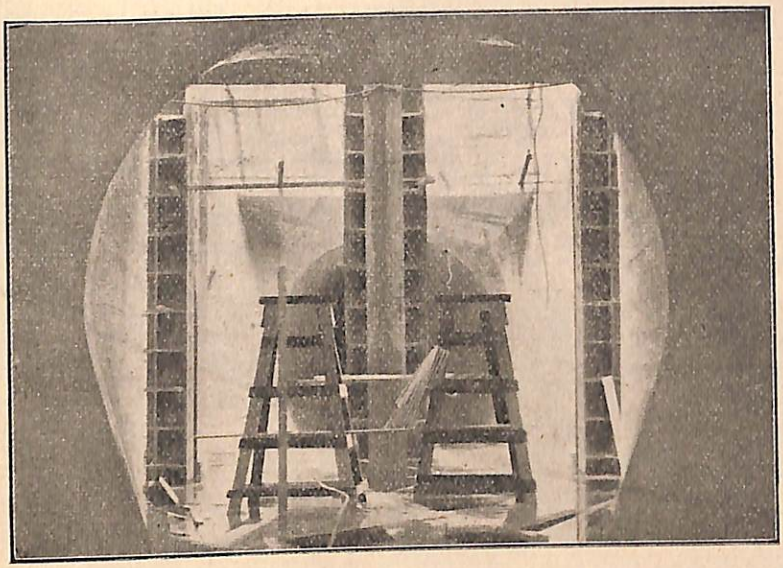


Fig. 11. – L'aqueduc du bajoyer médian de l'écluse de Miraflores et l'emplacement d'une vanne Stoney (double).

A chacune des extrémités de chaque série d'écluses se trouvent des portes de garde supplémentaires. Les sas de l'écluse supérieure sont aussi séparés en deux par des portes intermédiaires permettant d'isoler un sas de 550 pieds pour les plus petits bateaux. De plus des chaînes, manœuvrées et maintenues par des cabestans hydrauliques, sont tendues en travers des écluses pour arrêter les navires qui ne l'auraient pas fait d'eux-mêmes. Enfin, en tête des écluses supérieures un barrage mobile, genre Caméré, porté par un pont-tournant permet de fermer l'entrée en cas de besoin.

Le bajoyer médian est prolongé de 1.600 pieds au delà des écluses pour servir d'attache aux navires; les bajoyers latéraux sont plus courts.

Deux lignes de madriers de frottement de 0,40 sur 0,30 pouvant rentrer dans les murs en actionnant des ressorts, règnent tout le long des bajoyers.

Le cube de maçonnerie employé aux écluses a été en totalité de

3.260.000 mètres cubes; les deux barrages n'on ont pris que 268.000 mètres cubes.

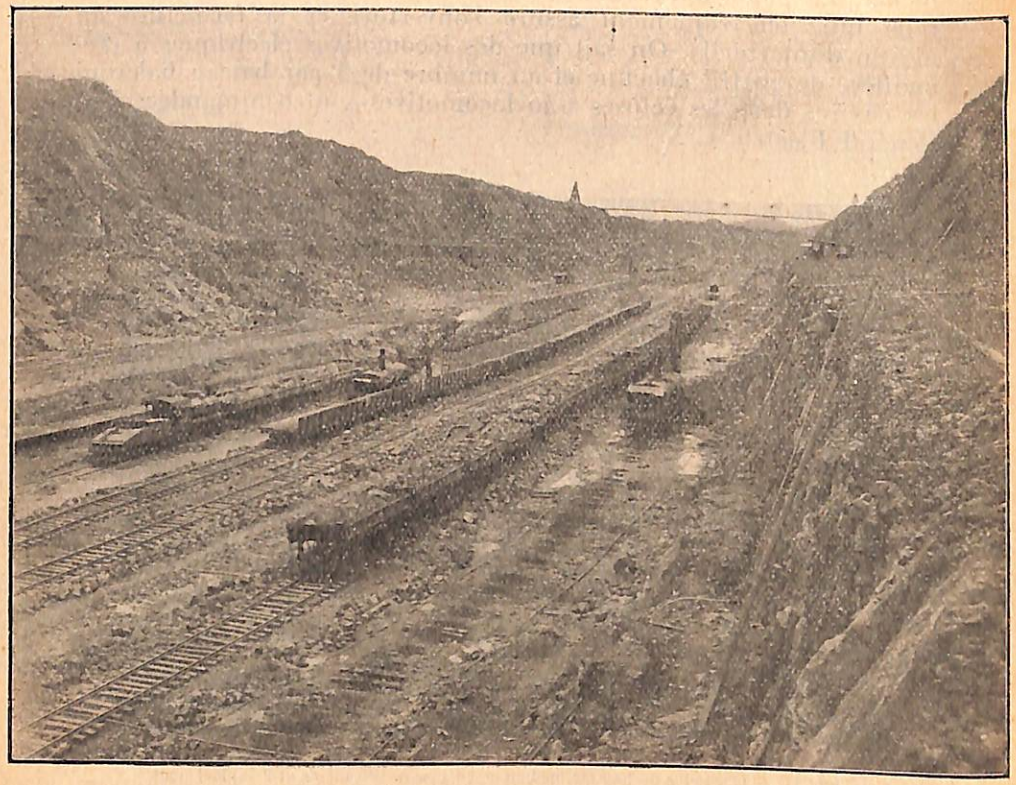


Fig. 12. — Vue de la tranchée de la Culebra. 6 novembre 1912. (Une pelle à vapeur travaille dans le fond.)

Tranchée de la Culebra (fig. 12). — Longueur, 7.564 mètres.

Section : pour la cunette, 300 pieds de large (91 m. 50), talus à 10/1 jusqu'à 3 m. 05 au-dessus du plan d'eau; puis banquette de 12 m. 20 de large, et enfin banquettes successives de 3 m. 80 de large, situées à 9 m. 15 les unes des autres, avec talus inclinés à 4/1. Au-dessus de 30 à 45 mètres règne une deuxième banquette de 15 mètres de large, puis les talus n'ont plus que 2/3. Eboulements importants : celui de 1911 a attaqué le village de Culebra; mais ne paraît pas menacer la cunette.

Brise-lames de Naos (fig. 13). — Il aura plus de 3 kilomètres de long et est constitué par une plateforme en ciment armé de 16 m. 75 de large, supportée par deux lignes de colonnes creuses également en ciment armé, ayant 2 m. 44 de diamètre extérieur (3 mètres à la base) et 0 m. 30 d'épaisseur; ces colonnes sont descendues par havage intérieur jusqu'au roc solide, à 18 ou 20 mètres au-dessous du niveau de la mer.

Fig. 13. — Le brise-lames de Naos, à la sortie Pacifique.

Le port de Panama est en construction et occupera 70 hectares. Deux phares à l'extrémité (la figure 14 en montre un).

Engins d'exécution. — Pelles à vapeur : 131 en service en 1910 (font chacune 220 mètres cubes à l'heure en moyenne).

— Perforatrices à air comprimé : 3 stations centrales à air comprimé et 15 kil. 300 de conduites de 10 pouces pour l'air. Passerelle de la Culebra de 182 m. 50 de portée pour donner passage aux conduites d'air et d'eau.

— Gros fourneaux de mine.

— Wagons-plateformes de 9 à 15 mètres cubes : 4.400 wagons. Déchargement automatique sans basculement : 10 déchargeurs pouvant, avec 40 ouvriers, décharger 38.000 mètres cubes par jour.

— Plus de 300 kilomètres de voies dans la tranchée centrale. Engins spéciaux : ripeur mécanique des voies; étaleurs mécaniques et rock-channelers.

En mars 1912, on a extrait de la Culebra 1.539.618 yards cubes (1.180.000 mètres cubes environ).

Fig. 14. — Un phare (rear tower) à la sortie Pacifique.

Dragues : Dragues à godets provenant des compagnies françaises et américaines; dragues à cuillers et deux dragues suceuses marines (Ancon et Culebra) de 88 mètres de long, 14 m. 50 de large et 7 m. 60 de profondeur produisant chacune 11.470 mètres cubes par jour : les orifices des élindes suceuses ont 0,15/0,225, aspirent même de grosses pierres. Chaque drague creuse une tranchée de 1 m. 50 de large.

Force motrice : Cinq stations centrales ayant ensemble 17.000 HP, toutes alimentées au pétrole.

Maisons ouvrières. — Les Américains ont repris aux Français 1.537 maisons et en ont construit environ autant, plus 20 hôtels, 19 mess et 21 cantines.

Salaire des ouvriers

Mécaniciens, chefs-dragueurs, de 750 à 1.100 francs par mois.
Electriciens, de 600 à 800 francs par mois.
Charpentiers, forgerons, etc., de 2 fr. à 3 fr. 50 l'heure.
Ouvriers européens (1/8 environ), de 1 fr. à 2 fr. l'heure.

Terrassiers (nègres, indigènes), o fr. 5o l'heure.

On fait la journée de 8 heures (deux reprises de 4 heures, de 7 à 11 h. et de 1 h. à 5 h.).

Nombre d'ouvriers employés. — Voir le tableau ci-dessus relatif aux mesures sanitaires.

Organisation générale

L'Isthmian Canal Commission a les pouvoirs les plus étendus : son président, le colonel Goëthals, est en même temps ingénieur en chef. Les services sont subdivisés comme le montre le tableau ci-dessous : les principaux chefs appartiennent au corps du génie militaire (Ingénieurs de l'Etat) et à celui des médecins de l'armée américaine.

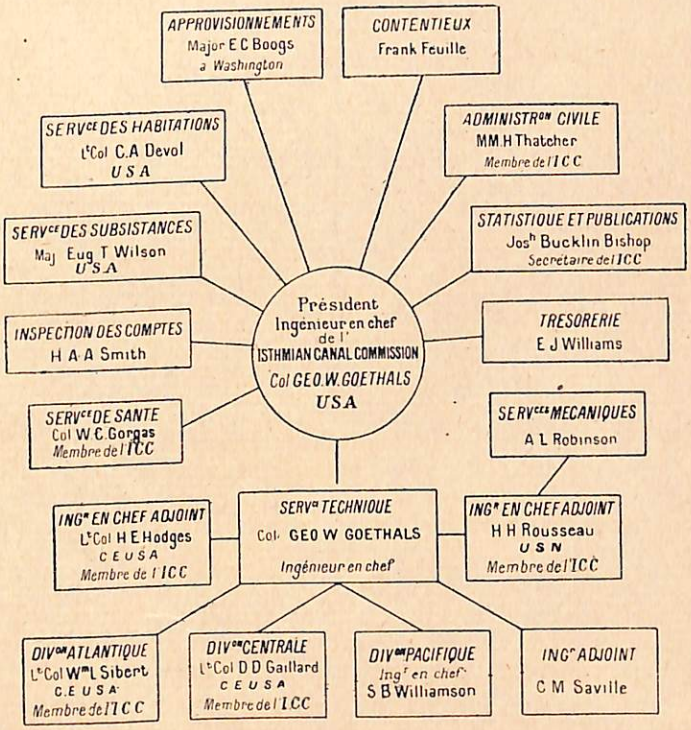


Fig. 15. — Graphique montrant l'organisation des services du canal.

Corps of Engineers United States Army : C. E. U. S. A., Corps des Ingénieurs de l'Armée des État-Unis
I. C. C. : Isthmian Canal Commission.

N. B. — Les figures reproduites ne sont qu'une très faible partie des nombreuses et intéressantes projections présentées par M. le Dr Imbeaux et que nous regrettons de ne pouvoir publier en totalité.

Imprimeries Réunies de Nancy.

AMM. PROV. DI TORINO
N° 15931
BIBLIOTECA
116403